



УДК 681.518.3

С. В. Шве́ц, канд. тех. наук,

К. С. Шве́ц

Харьковская национальная академия
городского хозяйства

АДАПТАТИВНАЯ МОДИФИКАЦИЯ СТРУКТУРЫ АВАРИЙНО-ДИСПЕТЧЕРСКОЙ СЛУЖБЫ

Постановка проблемы. В рамках создания и эффективного функционирования общегосударственной системы экстренной помощи населению предполагается развитие и дальнейшее совершенствование структурных подразделений единой дежурно-диспетчерской службы, а в частности, ее подсистемы – аварийно-диспетчерской службы районов (АДСР), которые входят в состав единой системы городской аварийно-диспетчерской службы. Главная цель такой службы – безопасная и безаварийная эксплуатация топливно-энергетического и жилищно-коммунального хозяйства, потенциально опасных объектов, в том числе энергетических. Среди основных задач АДСР можно выделить как выполнение работ по локализации и ликвидации аварий на энергетических объектах, так и поддержка заданных режимов повседневного функционирования городских электрических сетей.

В состав аварийно-диспетчерской службы входят выездные бригады районных электрических сетей соответствующей территориально-структурной единицы, основная функция которых – в очень сжатые сроки восстановить энергоснабжение, а в случае невозможности – привлечь составляющие системы экстренной помощи населению – другие городские службы и подразделения МЧС.

Таким образом, функционирование аварийно-диспетчерской службы районов, заключающееся в эффективном управлении территориально-распределенными электроэнергетическими объектами, к которым принадлежат электроэнергетические объекты разного уровня иерархии, требует решения целого ряда оптимизационных задач, связанных с обеспечением надежности и экономичности их функционирования.

Анализ последних достижений и публикаций. В основу построения существующих АДСР положены следующие принципы: высокая скорость реагирования; комплексный характер восстановления работоспособного состояния; эффективность выполнения работ [1,2]. Основным противоречием при создании подобных систем является объединение отдельных субъектов управления в единую систему при наличии у них различных объектов управления: подразделения диспетчерской службы и выездные бригады, что само по себе является неверным [3-5].

Рассматриваемые системы в настоящее время сформированы путем слияния компонентов, разрабатываемых отдельно, что не позволяет использовать основное преимущество системного подхода: представить объект как комплекс взаимосвязанных подсистем, объединенных общей целью, раскрыть его интегративные свойства, внутренние и внешние связи [6].

При синтезе технических систем любая процедура их проектирования должна содержать следующие модули: модуль генерации целей, аналитический модуль, формирование системы объекта, модуль синтеза, модуль оценки полученных решений. Эта совокупность модулей является инвариантной относительно системных уровней (в технических системах это уровень функциональной структуры, принципа действия,

технического и параметрического решения). Такое построение эвристического алгоритма синтеза системы отвечает фрактальному принципу синтеза систем, обеспечивающего компактность и унификацию процедур на всех системных уровнях [1,6].

Постановка задачи и ее решение. Приведенный выше комплекс взаимосвязанных проблем требует пересмотра методов и подходов, на основе которых должен происходить синтез структуры подсистем и системы АДСР в целом.

Современные тенденции развития информационно-технических систем направлены на использование системного подхода при решении этого вида задач.

В общем виде данная задача относится к классу многокритериальных задач оптимизации. Путем введения допущений указанная задача синтеза сведена к классу задач дискретной оптимизации, что позволит найти семейство допустимых решений из области конкурентно способных вариантов.

Предлагается для решения указанной задачи применить обобщенный показатель эффективности выбора рационального варианта структуры системы АДСР, использующий стратегию "достигаемого эффекта". Этот показатель строится в виде разности абсолютных эффектов: предлагаемого варианта структуры системы АДСР и базового.

Общая постановка задачи синтеза имеет следующий вид:

$$W = \max \{ \Phi_{\text{п}}(x) - \Phi_{\text{б}}(x) \},$$

$$\text{при } x \in X$$

$$Z_{\text{нп}} \rightarrow \min$$

где $\Phi_{\text{п}}(x)$ – абсолютный эффект при реализации предлагаемой структуры АДСР;

$\Phi_{\text{б}}(x)$ – абсолютный эффект при реализации базового варианта структуры АДСР;

X – область допустимых решений;

$Z_{\text{нп}}$ – непроизводительные затраты.

Выражение для абсолютного эффекта синтезируемой структуры АДСР будет иметь вид:

$$\Phi_{\text{п}}(x) = \left(\sum_{i=1}^n P_i P_{ci} P_{ниi} k_{гi} (PP_{\text{фи}} - Z_i) \times \prod_{j=1}^k \exp(-\{\lambda_{\text{яij}} + \lambda_{\text{сij}}\} t_{\text{pij}}) \right) - Z_{\text{доп}}, \quad (1)$$

где P_i – априорная вероятность требования на выполнение соответствующей подсистемой i -той задачи;

P_{ci} – вероятность того, что не будет срыва выполнения i -той задачи из-за отсутствия работоспособной подсистемы;

$P_{ниi}$ – вероятность того, что не будет срыва выполнения i -той задачи из-за настройки i -той подсистемы неисправным средством;

$k_{гi}$ – коэффициент готовности i -той подсистемы;

$PP_{\text{фи}}$ – стоимостное выражение фактического полезного результата при выполнении i -той задачи;

Z_i – затраты, связанные с реализацией выбранного варианта подсистемы технического обслуживания для i -той подсистемы и измерением параметров этой подсистемы в процессе эксплуатации;

$\lambda_{\text{яij}}, \lambda_{\text{сij}}$ – интенсивности явного и скрытого отказов j -того компонента i -той подсистемы;

t_{pij} – время, за которое рассматриваются явный и скрытый отказы;

$Z_{доп}$ – затраты, связанные с функционированием системы АДСР.

Используя понятие стратегии периодического обслуживания системы АДСР выражения для PP_{fi} и Z_i будут иметь вид:

$$\begin{aligned} PP_{fi} &= PP_{zi} + PP_{ci}; \\ Z_i &= Z_{zi} + Z_{ci}, \end{aligned} \quad (2)$$

где PP_{zi} и Z_{zi} – стоимостное выражение фактического полезного результата и затрат, зависящих от решения i -той задачи соответствующей подсистемой;

PP_{ci} и Z_{ci} – стоимостное выражение фактического полезного результата и затрат, обусловленных использованием стратегии периодического обслуживания.

В общем случае для установившегося режима эксплуатации системы АДСР

$$\begin{aligned} PP_{zi} &= \sum_{j=1}^m P_{ij} \sum_{k=1}^m P_{ijk} PP_{ijk}; \\ Z_{zi} &= \sum_{j=1}^m P_{ij} \sum_{k=1}^m P_{ijk} Z_{ijk}, \end{aligned} \quad (3)$$

где P_{ij} – вероятность нахождения i -той подсистемы в каждом из j -состояний в процессе эксплуатации;

PP_{ijk}, Z_{ijk} – стоимостное выражение фактического полезного результата и затрат, получаемых от применения по назначению i -той подсистемы при переходе из состояния j в состояние k ;

P_{ijk} – вероятность перехода i -той подсистемы из состояния j в состояние k в процессе решения текущей задачи.

Значения PP_{ijk} и Z_{ijk} будут определяться матрицами значений дискретной случайной величины в установившемся режиме эксплуатации системы АДСР

$$[PP_{ijk}] = \begin{bmatrix} PP_{i11} & PP_{i12} & \dots & PP_{i1k} \\ PP_{i21} & PP_{i22} & \dots & PP_{i2k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ PP_{ik1} & PP_{ik2} & \dots & PP_{ikk} \end{bmatrix}, \quad (4)$$

$$[Z_{ijk}] = \begin{bmatrix} Z_{i11} & Z_{i12} & \dots & Z_{i1k} \\ Z_{i21} & Z_{i22} & \dots & Z_{i2k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ Z_{ik1} & Z_{ik2} & \dots & Z_{ikk} \end{bmatrix}. \quad (5)$$

Значения PP_{ci} и Z_{ci} описываются выражениями

$$PP_{ci} = \sum_{j=1}^Z P_{ij} (PP_{cpij}(t_{zij})) P_{ij}(t_{zij}) PP_{cpij}(t_{zij}); \quad (6)$$

$$Z_{ci} = \sum_{j=1}^Z P_{ij} (Z_{cpij}(t_{zij})) P_{ij}(t_{zij}) Z_{cpij}(t_{zij}), \quad (7)$$

где $PR_{спij}(t_{zij})$, $Z_{спij}(t_{zij})$ – составляющие фактического полезного результата и затрат j-той компоненты i-той подсистемы для t_{zij} -того времени обслуживания;

$PR_{спбij}(t_{zij})$, $Z_{спбij}(t_{zij})$ – безусловная составляющая фактического полезного результата и затрат j-той компоненты i-той подсистемы для t_{zij} -того времени обслуживания.

Значения $PR_{спij}(t_{zij})$ и $Z_{спij}(t_{zij})$ описываются матрицами, аналогично выражениям (4) и (5). Значения этих матриц выбирают для соответствующего времени t_{zij} .

В процессе эксплуатации системы АДСР возникают ситуации, когда j-тая компонента i-той подсистемы может находиться на обслуживании, не учитывая характер стратегии обслуживания, а зависящим от надежности используемых средств, что обуславливает наличие составляющих $PR_{спбij}(t_{zij})$ и $Z_{спбij}(t_{zij})$. Эти составляющие также описываются матрицами типа (4) и (5).

Учитывая выражения (2), (3) и (6), (7), приняв во внимание, что составляющие PR_{ijk} , Z_{ijk} , $PR_{спij}(t_{zij})$, $Z_{спij}(t_{zij})$ описываются выражениями типа (4), (5), получим выражение адаптивного показателя синтеза структуры АДСР, который модифицирован для стратегии периодического обслуживания:

$$\begin{aligned} \Xi\Phi_n = & \sum_{i=1}^n P_i k_{pi} \prod_{j=1}^N (1 - (\beta_{ij} + (1 - \beta_{ij})P_{lij})) \times \left(\frac{1 - P_{2ij}}{P_{lij}[P_{lij} + P_{2ij}]} \right) \times \\ & \times \left(\sum_{j=1}^L P_{ij} \sum_{k=1}^M P_{ijk} (PR_{ijk} - Z_{ijk}) + \sum_{j=1}^Z \left(P_{ij} (PR_{спij}(t_{zij})P_{ij}(t_{zij})PR_{спбij}(t_{zij}) - \right. \right. \\ & \left. \left. - P_{ij}(Z_{спij}(t_{zij})P_{ij}(t_{zij})Z_{спбij}(t_{zij})) \right) \right) \times \\ & \times \prod_{j=1}^V \exp(-(\lambda_{yij} + \lambda_{cij})t_{pij}) - \\ & - (P_{ii}(Z_{ii} + (K_p + E)K + Z_{зпк})), \end{aligned} \quad (8)$$

где β_{ij} – вероятность скрытого отказа j-той компоненты i-той подсистемы;

P_{lij} – вероятность нахождения j-той компоненты i-той подсистемы в исправном и работоспособном состоянии;

P_{2ij} – вероятность нахождения j-той компоненты i-той подсистемы в состоянии применения со скрытым отказом;

P_{ii} – вероятность принятия в эксплуатацию системы АДСР;

Z_{ii} – текущие годовые издержки на эксплуатацию системы АДСР;

K_p – норма реновации (обновления) компонент системы АДСР;

K – нормативный коэффициент экономической эффективности;

E – единовременные затраты при вводе в эксплуатацию системы АДСР;

$P_{ij}(t_{zij})$ – вероятность обслуживания i-той подсистемы продолжительностью t_{zij} по причине ложного и скрытого отказов;

$Z_{зпк}$ – фонд заработной платы обслуживающего персонала.

Исходя из анализа приведенных соотношений, получены следующие результаты:

1. Наличие безусловной составляющей фактического полезного результата для стратегии периодического обслуживания i -той подсистемы обуславливает не минимальное значение составляющей фактического полезного результата при минимальном значении ожидаемого времени задержки. Стоимостное выражение фактического полезного результата и затрат, получаемых от применения по назначению i -той подсистемы, определяется матрицей значений.

2. Структура затрат формируется в установившемся режиме эксплуатации системы. Стоимостное выражение затрат на обслуживание является дискретной случайной величиной, зависящей от времени t_{zij} .

3. В состав адаптивного показателя синтеза структуры АДСР вовлечены необходимые начальные затраты, обусловленные эксплуатационными издержками. Они имеют вероятностную зависимость от принятия решения на ввод в эксплуатацию конкретного варианта структуры системы АДСР.

4. Наличие безусловных составляющих фактического полезного результата и затрат зависят от надежности используемых средств и не учитывают характер стратегии обслуживания.

Выводы. Модификация адаптивного показателя синтеза структуры системы АДСР, который учитывает периодичность обслуживания системы при наличии ложных и истинных отказов, позволит уточнить процедуру отбора конкурентоспособных вариантов с целью определения множества допустимых структур, отвечающих требованиям целевой функции синтеза.

Литература

1. Попов А.П., Каменев С.П. Все уровни оповещения / А.П. Попов, С.П. Каменев // Противопожарные и аварийно-спасательные средства. – 2004. – №1. – С.36-44.
2. [Кудинов А.В.](#) Геоинформационные технологии в управлении пространственными инженерными сетями / А.В. [Кудинов](#), Н.Г. [Марков](#). – Томск: Изд-во ТПУ, 2004. – 176 с.
3. Бутенко Д.В. Системологическое представление технической системы / Д.В. Бутенко // Концептуальное проектирование в образовании, технике и технологии. – Волгоград, 1997. – С. 69-75.
4. Теслинов А.Г. Развитие систем управления: методология и концептуальные структуры / А.Г. Теслинов. – М.: Глобус, 1998. – 229 с.
5. Петров Э.Г., Пискалова В.П., Бескоровайный В.В. Территориально распределенные системы обслуживания / Э.Г. Петров, В.П. Пискалова, В.В. Бескоровайный. – К.: Техніка, 1992. – 208 с.
6. Тупкало В.Н. Процессный подход к управлению: от деклараций стандарта ISO 9001:2000 к методологическим основам теории процессного управления / В.Н. Тупкало, С.В. Тупкало // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2007. – № 4. – С.114 - 118.

АДАПТАТИВНА МОДИФІКАЦІЯ СТРУКТУРИ АВАРІЙНО-ДИСПЕТЧЕРСЬКОЇ СЛУЖБИ

С. В. Швець, К. С. Швець

Використовується адаптивний показник синтезу структури аварійно-диспетчерської служби, який модифікований для стратегії періодичного обслуговування.

MODIFICATION OF THE STRUCTURE OF ADAPTIVE EMERGENCY CONTROL SERVICES

S. V. Shvets, K. S. Shvets

Adaptive index of synthesis of the structure of emergency dispatch service, which is modified for a strategy of periodic maintenance.